

más intensa y duradera debido a la falta de precipitación antes comentada, el periodo de sequía se inicia en la última decena de septiembre hasta finales de noviembre en Córdoba y Cáceres, y en Salamanca se prolonga hasta diciembre. La salida de ese periodo de sequía se observa por un crecimiento del pasto en Córdoba y Cáceres, y no en Salamanca, seguramente debido a las temperaturas más bajas registradas en diciembre.

CONCLUSIONES

En los dos años estudiados y para las tres localidades los eventos más intensos de sequía son del tipo de sequía inicial, lo que afectan al establecimiento del pasto en otoño. El inicio del crecimiento del pasto se retrasa hacia las épocas más frías del año. La intensidad de la sequía en 2011 fue mayor que en 2010 debido a un periodo más prolongado de ausencia de precipitaciones. Se ha encontrado un retardo entre el aumento del contenido de agua en el suelo y el aumento de la producción del pasto. La presencia del mínimo en la curva de evolución del contenido de humedad del suelo se registra también en las curvas de evolución del pasto en pie. Al ser la sequía un fenómeno meteorológico relacionado con la variabilidad de las precipitaciones necesitamos continuar el seguimiento para determinar las pautas de detección de sequía en los pastos de dehesa.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se ha realizado en parte en el proyecto “Recogida y procesamiento de información agronómica y zootécnica obtenida *in situ* y su integración satelital de precisión para la mejora del seguro para la cobertura de los daños por sequía en pastos 2010 y 2011” financiado por ENESA y realizado en el CEIGRAM. El programa ERASMUS ha becado a Adrian-Eugen Gliga. Agradecemos también a los ganaderos por poder disponer de sus dehesas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- JORDAN W.R. Y MILLER F.R. (1980) Genetic variability in sorghum root systems: implication for drought tolerance. En: N.C. Turner y P.J. Kramer (eds), *Adaptation of Plants to Water and High Temperature Stresses*, 383-399. New York, Estados Unidos: Wiley Interscience.
- OLEA L. (1988) *Persistencia y producción de pastos en el S.O. de España: Introducción de trébol subterráneo*. Colección de tesis doctorales INIA núm. 74. Madrid, España: Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias.
- SÁNCHEZ DE RON D., ELENA ROSELLÓ R., ROIG S. Y GARCÍA DEL BARRIO J.M. (2007) Los paisajes de dehesa en España y su relación con el ambiente geoclimático. *Cuad. Soc. Esp. Cienc. For.*, **22**, 171-176.

Comparación de dos métodos para la estimación de los daños por sequía en pastos de dehesa

Comparative methods for assessment of dehesa pasture drought insurance in Spain

A.E. GLIGA¹ / J.A. ESCRIBANO RODRÍGUEZ² / C.G. HERNÁNDEZ DÍAZ-AMBRONA²

¹The University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine, Cluj-Napoca (Rumania). gligaadrian@gmail.com
²Grupo de Sistemas Agrarios AgSystems. Departamento de Producción Vegetal: Fitotecnia y Centro de Estudios e Investigación para la Gestión de Riegos Agrarios y Mediambientales (CEIGRAM). Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos, Universidad Politécnica de Madrid. Ciudad Universitaria s/n. 28040 Madrid (España)
juanagustin.escribano@upm.es, carlosgregorio.hernandez@upm.es.

Resumen: El Sistema de Seguros Agrarios con el Seguro de cobertura de los daños por sequía en los pastos aprovechados por el ganado en régimen extensivo (línea de seguro 133) aplica la teledetección mediante un índice de vegetación (NDVI), con el fin de solucionar los problemas de peritación que surgen cuando se tiene que determinar la cantidad y calidad del pasto afectado por la sequía. Por ello el seguro de cobertura de los daños por sequía en pastos es el principal instrumento para hacer frente al gasto que supone la necesidad de suplemento de alimentación del ganado reproductor debido a la sequía. En las comarcas de Vitigudino, Trujillo y Valle de los Pedroches (España) se comparó la evolución del seguro de sequía en pastos desde 2006 a 2010 con un modelo matemático de crecimiento del pasto en función de las variables ecofisiológicas y ambientales. Sumadas las decenas de sequía extrema y sequía leve, el modelo matemático contabilizó un número mayor de decenas que las proporcionadas por Agroseguro. La recomendación es comparar las curvas de crecimiento del pasto con las curvas de evolución del NDVI, para ajustar ambos modelos.

Palabras clave: Índice de vegetación, modelos, NDVI, silvopastoralismo.

Abstract: The Agricultural Insurance System in Spain applies remote sensing to estimate vegetation indexes (NDVI) useful to estimate drought damages in grazed pastures (insurance line 133). Therefore, the insurance coverage of drought damage in pastures is the main tool to cover the expenses that arise when livestock needs supplementary feeding due to drought. In the counties of Vitigudino, Trujillo and Valley of the Pedroches in Spain the evolution of pasture drought insurance was compared from 2006 to 2010 with a grass growth mathematical model based on ecophysiological and environmental variables. Adding the decennial scores of extreme drought and mild drought, the ecological model showed a greater number of scores than the estimations provided by Agroseguro. The recommendation is to compare grass growth curves with the curves of evolution of the NDVI, to adjust both models.

Key words: Agroforestry, vegetation index, model, NDVI.

INTRODUCCIÓN

El sistema de producción de ganado en extensivo está basado en el aprovechamiento de los recursos naturales. Por esta razón, su manejo trata de sincronizar las curvas de oferta de pasto con las de demanda de los animales. En los pastos de dehesa la curva de oferta de pasto es bimodal, por lo que en sistemas de explotación estantes hay periodos del año en los cuales la producción de pastos es escasa y variable, por lo que el ganadero difícilmente puede acoplar ambas curvas, presentándose reiteradamente periodos de falta de alimento para el ganado. La producción de animales en extensivo está condicionada por el precio de los forrajes y piensos que hay que proporcionar al ganado en épocas de insuficiencia de pastos, por lo que el encarecimiento de

los forrajes y piensos, junto con la incidencia de las enfermedades, hace que exista una alta preocupación por la viabilidad económica de las explotaciones ganaderas extensivas. El Sistema de Seguros Agrarios ha dado respuesta a este desacoplamiento con el seguro de cobertura de los daños por sequía en los pastos aprovechados por el ganado en régimen extensivo (línea de seguro 133). Este es un seguro indexado que aplica la teledetección mediante la medida de un índice de vegetación, con el fin de solucionar los problemas de peritación que surgen cuando se tiene que determinar la cantidad y calidad del pasto afectado por la sequía, en distintas zonas del territorio con importantes variaciones en el tipo de suelo, de pasto, de carga ganadera y de tipo de ganado. Por ello el seguro de cobertura de daños por sequía en pastos es el principal instrumento para hacer frente al gasto que supone la necesidad de suplemento de alimentación del ganado reproductor debido a la sequía (Báez, 2010). El seguro se basa en la medición por satélite del índice de diferencia normalizada de vegetación, NDVI, obteniéndose el valor medio para una comarca homogénea medido exclusivamente en parcelas de pasto herbáceo desprovistas de arbolado o de matorral. El NDVI es un índice utilizado para estimar la actividad fotosintética, el contenido de humedad y el desarrollo de la vegetación en base a las mediciones de sensores remotos sensibles a la intensidad de la radiación de ciertas bandas del espectro electromagnético que la vegetación emite o refleja. El NDVI se define por la siguiente relación (Rouse *et al.*, 1973):

$$\text{NDVI} = (\text{NIR} - \text{RED}) / (\text{NIR} + \text{RED})$$

Donde NIR y RED son los valores de reflectancia correspondientes a las longitudes de onda del infrarrojo cercano y del rojo respectivamente (en el caso del seguro, los canales infrarrojo próximo y visible son tomados por el sensor MODIS que vuela a bordo del satélite Terra). Todo organismo vegetal contiene pigmentos que captan diversas bandas del espectro de luz que utilizan en las reacciones fotosintéticas. Dos bandas del espectro visible, la azul (430 nm) y la roja (600 nm) muestran la cantidad de energía absorbida por las plantas. Estas dos frecuencias de la luz son las más absorbidas por las plantas, por consiguiente son poco reflectadas. En contraste, la banda del infrarrojo cercano (750 nm – 1100 nm) actúa justo de forma inversa; es reflejado casi en su totalidad. La mayor absorción del rojo y azul, junto con la fuerte reflexión del infrarrojo cercano es la diferencia espectral de la respuesta de toda la vegetación. Ninguna otra cubierta refleja de forma semejante, y por lo tanto, esta peculiaridad ha sido usada durante mucho tiempo para poder diferenciar las superficies con vegetación de las demás superficies.

La causa inicial de toda sequía es la escasez de precipitaciones (sequía meteorológica) lo que deriva en una insuficiencia de agua para las plantas (sequía hidrológica) necesaria para garantizar su normal crecimiento y desarrollo. El diseño del contrato de seguro de sequía en pastos en España, desde su implementación, ha sufrido variaciones en sus condiciones lo que dificulta el análisis histórico (Báez, 2010). Aunque se implanta en 2001 no es hasta 2004 cuando se consolida en número de pólizas contratadas y volumen, a partir de ahí sigue una evolución variable marcada por un

comportamiento desigual en el número de pólizas registradas cada año, condicionado principalmente por dos variables: las fechas de cierre de contratación del seguro y las condiciones meteorológicas reinantes los meses antes del cierre. Es llamativo el caso del año 2005 cuando se prolongó el cierre al mes de febrero, cuando ya eran evidentes los síntomas de sequía, llegándose a asegurar más de 6,5 millones de cabezas frente al rango habitual, que está entre uno y dos millones de cabezas. A pesar de ello, dada la magnitud de la sequía, tuvieron que aprobarse medidas extraordinarias de ayuda (Orden APA/1704/2007, de 5 de junio, por la que se aprueba la convocatoria de ayudas reguladas en el Real Decreto 598/2007, de 4 de mayo, para compensar pérdidas extraordinarias producidas por la sequía en pastos, en la campaña 2005/2006). La menor o mayor participación de los ganaderos en su contratación depende de si se cubren sus expectativas de riesgo o no. Para tomar una decisión correcta el ganadero tiene por un lado que estudiar las condiciones del seguro y por otro las condiciones agroambientales de su explotación. Debido a los numerosos cambios o ajustes del seguro en cada campaña la toma de decisión es compleja.

El objetivo de este trabajo es comparar dos métodos de estimación de la variación de la producción de los pastos: uno basado en índices de vegetación y otro en un modelo numérico.

MATERIALES Y MÉTODOS

Este estudio se ha realizado en tres comarcas: Vitigudino (Salamanca), Trujillo (Cáceres) y valle de los Pedroches (Córdoba), que se corresponden a dehesas de los tipos climáticos III, II y I según Sánchez de Ron *et al.* (2007). De la página web de Agroseguro (Agroseguro, 2011) se descargaron para cada una de las comarcas de estudio todos los registros decenales desde el año 2005 a 2010. Agroseguro proporciona una clasificación discreta de la decena en los términos de: sequía extrema, sequía leve, por debajo de la producción media y por encima de la producción media.

La producción diaria del pasto se ha calculado mediante el modelo numérico que simula diariamente la cantidad de biomasa de la parte aérea del pasto en función del pasto acumulado el período anterior y de su crecimiento diario (adaptado de Almoquera, 2007):

$$\tilde{b}_t = \tilde{b}_{t-1} k_s + \min[(1 - e^{-\lambda(r - r_{min})}) \times r k_s \times k_t \times f(T), \eta k_s f(T)]$$

Siendo a \tilde{b}_t la variable de estado que refleja la disponibilidad de pasto en el momento t ; k_s es el coeficiente de senescencia del pasto que se aplica cuando se agosta el pasto tomando un valor de 0,1. El crecimiento diario del pasto herbáceo es función de un vector de variables climáticas en el período t , del estado del pasto herbáceo en el período anterior ($t-1$), y de un conjunto de parámetros que se derivan de las propiedades del suelo y de las características y composición del pasto herbáceo. El crecimiento del pasto se calcula a partir de la radiación solar (r) transformada a radiación fotosinté-

ticamente activa (k_p) y multiplicado por la eficiencia del uso de la radiación del pasto herbáceo considerado (k_r). La biomasa del periodo anterior (b_{t-1}) se emplea para calcular el índice de área foliar para la siguiente decena conforme el valor del área foliar específica del pasto (k_f) y del coeficiente de extinción de la radiación solar que depende de las propiedades ópticas de las hojas que forma el pasto (k_e), también el crecimiento del pasto depende de la disponibilidad de agua del suelo (w) y de la eficiencia en el uso del agua (k_a). Para el cálculo del contenido de agua del suelo se considera un suelo tipo de 60 centímetros de profundidad, con una capacidad de campo volumétrica del 25% y un punto de marchitez permanente del 10%. En ambos casos el crecimiento está limitado por el efecto de la temperatura del aire sobre el crecimiento $f(T)$ que se aplica al máximo crecimiento potencial ya sea por disponibilidad de radiación solar o de agua, siendo T la temperatura media diaria del aire. Con la curva de producción diaria se determinó la evolución por decenas para comparar el resultado del modelo de crecimiento del pasto con la evaluación decenal del índice de vegetación obtenido de Agroseguro (2011).

Tabla 1. Parámetros ecofisiológicos del modelo de crecimiento de pasto.

Parámetro	Acrónimo	Valor	Fuente
Efecto de la temperatura sobre el crecimiento (5 °C, 10 °C, 20 °C y 25 °C)	$f(T)$	0,1,1,0	Galbraith <i>et al.</i> , 1981
Eficiencia en el uso de la radiación fotosintéticamente activa (g MJ ⁻¹)	k_r	1,62	Wight y Skiles, 1987
Eficiencia en el uso del agua (kg ha ⁻¹ mm ⁻¹)	k_a	12,97	Martín Polo <i>et al.</i> , 2003
Ratio de radiación fotosintéticamente activa respecto a global	k_p	0,5	Connor <i>et al.</i> , 2011
Área foliar específica (m ² kg ⁻¹)	k_f	22	Sheehy <i>et al.</i> , 1979
Coeficiente de extinción de la radiación solar	k_e	0,4	Loomis y Williams, 1969

Se aplicó el modelo de crecimiento de pastos a cada una de las zonas con datos meteorológicos diarios (radiación solar, precipitación, temperatura máxima y mínima) obtenidos de la estaciones del Sistema de Información Agroclimática para el Regadío (SIAR) en Hinojosa del Duque (Córdoba), Ciudad Rodrigo (Salamanca) y Cáceres (Casatejada) desde 2005 a 2010.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las decenas se contabilizaron con sequía extrema (cuando el NDVI medido está por debajo del valor medio del NDVI menos 1,5 veces su desviación típica) y sequía leve (cuando el NDVI está por debajo del valor medio del NDVI menos 0,7 multiplicado por su desviación típica) entre 31 y 39 decenas según zonas, lo que representó una frecuencia del 20% al 25% sobre el número de decenas con datos y entre el 15% y el 19% sobre el total de 207 decenas consecutivas evaluadas desde el año 2005 (tabla 2). Teniendo en cuenta que en algunas zonas el seguro no contabiliza la sequía estacional que va de julio a septiembre, la recurrencia de sequías en las zonas de dehesa estudiadas es muy alta. Mientras, el modelo numérico dio una frecuencia que varió entre un 22% y

un 30%, es decir, se observó una desviación positiva entre el modelo y las estimaciones de Agroseguro de entre cuatro y ocho decenas en seis años.

Desde la implantación de este seguro en 2003 (ORDEN APA/1704/2003, de 16 de junio, por la que se definen el ámbito de aplicación, las condiciones técnicas mínimas de explotación, precios y fechas de suscripción en relación con el seguro para la cobertura de daños por sequía en pastos, comprendido en el Plan Anual de Seguros Agrarios Combinados) hasta la última actualización apenas se ha modificado la cuantía asegurable por animal, por lo que al referirse al sobre coste de la suplementación de los animales el seguro no se ha actualizado conforme a la variación del coste de los piensos.

Tabla 2. Número de decenas de sequía leve y sequía extrema, por debajo de la media y por encima, número sin contabilizar o con sequía estacional desde el año 2005 al año 2010 según la aplicación del modelo de simulación del crecimiento del pasto y las estimaciones de Agroseguro (y en porcentaje sobre el total).

Evento	Cáceres		Córdoba		Salamanca	
	Modelo	Agroseguro	Modelo	Agroseguro	Modelo	Agroseguro
Sequia extrema	16 (8)	18 (9)	4 (2)	22 (11)	3 (1)	8 (4)
Sequia leve	30 (14)	21 (10)	52 (25)	15 (7)	40 (19)	23 (11)
Entre la media y la sequia leve	66 (32)	66 (32)	63 (30)	65 (31)	72 (35)	64 (31)
Por encima de la producción media	71 (34)	50 (24)	69 (33)	50 (24)	84 (41)	60 (29)
Decenas sin datos	24 (12)	52 (25)	19 (9)	55 (27)	8 (4)	52 (25)

CONCLUSIONES

El análisis histórico de los datos de Agroseguro en tres zonas de dehesa mostró una alta recurrencia de la sequía llegándose a contabilizar hasta una decena de sequía por cada cuatro decenas. La aplicación del modelo numérico basado en parámetros meteorológicos y ecofisiológicos del pasto muestra diferencias en la categorización de sequía extrema y sequía leve respecto a los datos estimados por el sistema de seguros agrarios. Creemos que la aplicación del modelo numérico sobre series históricas de datos meteorológicos puede ayudar al ganadero a tomar una decisión correcta sobre el seguro de sequía en pastos.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se ha realizado en parte en el proyecto “Recogida y procesamiento de información agronómica y zootécnica obtenida *in situ* y su integración satelital de precisión para la mejora del seguro para la cobertura de los daños por sequía en pastos 2010 y 2011” financiado por ENESA y realizado en el CEIGRAM. El programa de ERASMUS ha facilitado la estancia de Adrian-Eugen Gliga en el Grupo de Sistemas Agrarios AgSystems de la Universidad Politécnica de Madrid.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGROSEGURO (2011) *Seguro de sequía en pastos*. Disponible en <http://www.agroseguro.es/indices/servlet/agro.pastos.controlx.PastosServlet>. Madrid, España: Agroseguro.
- ALMOGUERA J. (2007) *Modelo dehesa sobre las relaciones pastizal-encinar-ganado*. Madrid, España: Universidad Politécnica de Madrid.
- BÁEZ K. (2010) *El potencial del seguro indexado en Chile: una aplicación a la gestión del riesgo de Sequía en pastos*. Madrid, España: Universidad Politécnica de Madrid.
- CONNOR D., LOOMIS R.S. Y CASSMAN K.G. (2011) *Crop ecology*. Cambridge, Reino Unido: Cambridge University Press.
- GALBRAITH K.A., ARNOLD G.W. Y CARBON B.A. (1981) Dynamics of plant and animal production of a subterranean clover pasture grazed by sheep: Part 2- Structure and validation of the pasture growth model. *Agricultural systems*, **6**, 23-43.
- LOOMIS R.S. Y WILLIAMS W.A. (1969) Productivity and the morphology of crop stands: patterns with leaves. En: Eastin J.D. *et al.* (Eds), *Physiological Aspects of Crops Yield*, pp. 27-47. Madison. Wisconsin, Estados Unidos: American Society of Agronomy.
- MARTÍN POLO J.L., VALLE GUTIÉRREZ C.J., BLANCO DE PABLOS A. Y SÁNCHEZ RODRÍGUEZ, M. E. (2003) La dehesa y los recursos forrajeros: fertilización laboreo y siembra. II. Productividad y utilización del agua de lluvia. *Spanish Journal of Agricultural Research*, **1**, 35-42.
- ROUSE J.W. JR., HAAS R.H., SCHELL J.A. Y DEERING D.W. (1973) *Monitoring the vernal advancement and retrogradation (green wave effect) of natural vegetation*. College Station, Texas, Estados Unidos: Remote Sensing Center, Texas A&M Univ.
- SÁNCHEZ DE RON D., ELENA ROSELLÓ R., ROIG S. Y GARCÍA DEL BARRIO J.M. (2007) Los paisajes de dehesa en España y su relación con el ambiente geoclimático. *Cuad. Soc. Esp. Cienc. For.*, **22**, 171-176.
- SHEEHY J.E., COBBY J.M. Y RYLE G.J.A. (1979) The Growth of Perennial Ryegrass: A Model. *Annals of Botany*, **43**, 335-354.
- WIGHT J.R. Y SKILES J.W. (Eds) (1987) *SPUR, simulation of production and utilization of rangelands: Documentation and user guide*. Houston, Texas, Estados Unidos: USDA-ARS, ARS-63

Respuesta de la composición florística y la diversidad biológica de pastizales a las estrategias de manejo en una dehesa de la Sierra de Guadarrama, Madrid

Response of floristic composition and grassland biodiversity to management strategies in an open woodland in Sierra de Guadarrama (Spain)

T. MARTÍNEZ¹ / J. URQUIA¹ / J.I. TEJERINA¹ / J.M. DE MIGUEL²

¹Instituto Madrileño de Investigación y Desarrollo Rural Agrario (IMIDRA). El Encín, Apdo 127. Alcalá de Henares, Madrid. teodora.martinez@madrid.org

²Dpto. Interuniversitario de Ecología. F. de Biología. U. Complutense de Madrid

Resumen: Este estudio tipifica y caracteriza las comunidades de pastizal en función de su composición florística, riqueza y diversidad biológica en un sistema silvopastoral de dehesa situado en la Sierra de Guadarrama (Finca de Riosequillo, Buitrago de Lozoya, Madrid). Se identifican las tendencias principales de variación espacial de los pastizales y se analiza su relación con diferentes factores geofísicos y de uso humano como la estrategia de manejo rotacional del ganado vacuno extensivo y la utilización de caceras para el riego de algunos pastizales. La tendencia principal de variación espacial de los pastizales tiene que ver con un gradiente de oligotrofia-eutrofia de los suelos. A esta tendencia de variación se superpone otra relacionada con su posición en el gradiente geomorfológico de la finca. Los pastizales regados mantienen menores valores de diversidad alfa. Sin embargo, la presencia de pastizales regados y no regados permite mantener una elevada diversidad beta en el conjunto de la finca.

Palabras clave: Sistemas silvopastorales, pastizales, ganado vacuno, diversidad, riego.

Abstract: This study typifies and characterizes grassland communities on the basis of their floristic composition, richness and biodiversity in a dehesa (open woodland) system in the Sierra de Guadarrama (Riosequillo Farm). It identifies the major trends in the grasslands' spatial variation, and discusses their relationship with several geophysical and human use-related factors such as a rotational strategy for extensively grazed cattle and the use of irrigation ditches in some pastures. The main spatial variation trend in the grasslands is related to an oligotrophy-eutrophy soil gradient. This variation trend overlaps with another, related to the position on the farm's geomorphological gradient. Irrigated grasslands have a lower alpha diversity. However, the existence of irrigated and non-irrigated pastures allows the maintenance of a high beta diversity throughout the property.

Key words: Silvopasture systems, grasslands, cattle, diversity, irrigation.

INTRODUCCIÓN

Uno de los objetivos de mayor relevancia impulsado por la Política Agraria Común propugna la implicación de los sistemas de producción de la ganadería extensiva en la conservación de la biodiversidad del territorio y su protección frente a la degradación por incendios o erosión (Osoro *et al.* 2000). Sin embargo, el aprovechamiento pascícola por el ganado en los medios forestales y pastos de puerto ha descendido considerablemente, dichos sistemas actuaban como estrategias de gestión (Monserrat y Fillat, 2005) y sería conveniente recuperar como herramienta medioambiental para mantener y conservar nuestros paisajes rurales modelados a lo largo del tiempo por el hombre y los animales. En los distintos territorios, la dinámica de las comunidades vegetales cambiará o se verá más o menos modificada según los efectos, perturbaciones,